

TICs en la enseñanza de la química. Propuesta para selección del Laboratorio Virtual de Química (LVQ).

Zulma Cataldi, Diego Chiarenza, Claudio Dominighini, Cristina Donnamaría¹ y Fernando J. Lage
zcataldi@posgrado.frba.utn.edu.ar, donna@iflysis.unlp.edu.ar, fernandojlage@yahoo.com.ar

Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Buenos Aires.

1. Instituto de Física de Líquidos y Sistemas Biológicos (IFLYSIB) y Comisión de Investigaciones Científicas Provincia de Bs. As. (CICPBA). La Plata. ARGENTINA

RESUMEN

La idea de esta comunicación es presentar el abordaje del análisis y la evaluación de los laboratorios virtuales más apropiados en la enseñanza de la química (LVQs) y su integración con las TICs. Se analizan las ventajas de su aplicación en el ámbito de la enseñanza de la química básica y se delinean las pautas para su evaluación y selección de acuerdo a los indicadores escogidos, articulados con el marco teórico y de acuerdo con las dimensiones de análisis.

Palabras clave: Simuladores, enseñanza de química, laboratorios virtuales

CONTEXTO

En esta comunicación se describen los avances del PID: *La Didáctica de la Química y el uso de TICs en su enseñanza en cursos universitarios iniciales*, 2008-2010 TEUTNBA933 del Programa "Tecnología Educativa y enseñanza de la Ingeniería". Este Proyecto está radicado en Carrera de Licenciatura en Ciencias Aplicadas y la UDB Química. (Res. 2573/08) de la Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Buenos Aires.

1. INTRODUCCIÓN

Hace más de diez años ya, Cabero Almenara (1999) advertía que "la evaluación de los medios de enseñanza está recibiendo un especial interés [...], de manera que se están proponiendo técnicas y estrategias para llevar a cabo el enjuiciamiento de la calidad de los materiales técnicos a emplear en el acto de la enseñanza". Por ese motivo se busca proponer pautas de evaluación de los recursos didácticos específicos para la enseñanza de la Química como son los Laboratorios Virtuales de Química (LVQs).

Los LVQs son herramientas informáticas que aportan las TICs y simulan un laboratorio de ensayos químicos desde un entorno virtual de aprendizaje. Si bien se encuentran limitados en la enseñanza de ciertos aspectos relacionados con la práctica experimental de la Química, cuentan con virtudes dado que ofrecen más plasticidad que un laboratorio real en la enseñanza de esta ciencia.

Estos programas informáticos se pueden complementar con los laboratorios reales para mejorar y optimizar la enseñanza de la Química: Pueden tener diversos usos en los procesos de enseñanza y de aprendizaje dependiendo de los deseos de cada usuario y su perfil pedagógico, el rol que cumple en el proceso y otras variables. Algunos de ellos son ChemLab¹, VLabQ² y Crocodile Chemistry³ (ver Figuras 1, 2 y 3).

Evaluar los LVQs significa utilizar *instrumentos*, planteados en el marco de cierta *estrategia*, que tienen como función obtener información respecto de determinados *indicadores* propuestos para analizar la calidad de alguna *dimensión* del programa informático en cuestión. Es necesario reflexionar, teorizar, buscar y finalmente constituir un plan que determine los instrumentos, la estrategia, los indicadores y las dimensiones para una buena evaluación que determine la calidad de los LVQs.

Antes de hacer una propuesta de evaluación es preciso que se ponga de manifiesto la claridad de los conceptos utilizados en la misma que se definen a continuación.

- *Dimensión de evaluación:* Aspecto desde el cual se puede evaluar un medio o material de enseñanza, tales como contenidos, características técnicas y estéticas, organización interna de la información, etc. (Cabero Almenara, 1999)
- *Estrategia de evaluación:* Forma sistemática de abordar la evaluación de un material de enseñanza. (Cabero Almenara, 1999)
- *Indicadores:* Relaciones entre las variables que se tienen en cuenta en la evaluación, de las que se obtiene información, para luego ser analizada y estimar la calidad del LVQ. "Un indicador es una hipótesis controlada de manera independiente que relaciona variables hipotéticas con variables observables" (Bunge, 2006).
- *Instrumentos* o "técnicas de evaluación: Conjunto de reglas y principios para la realización de la evaluación" (Cabero Almenara, 1999). Son los elementos con los que se recolecta la información

1 <http://www.modelscience.com/>

2 <http://www.sibees.com/vlabq.php>

3 http://www.crocodile-clips.com/es/Crocodile_Chemistry/

para su posterior análisis, pueden ser cuestionarios, entrevistas, observación directa o

por grabaciones, diseño técnico del programa y muchos otros.

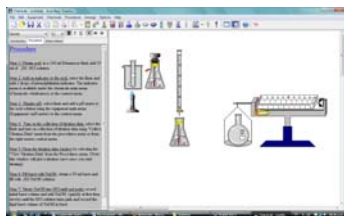


Figura 1. ChemLab



Figura 2: VLabQ

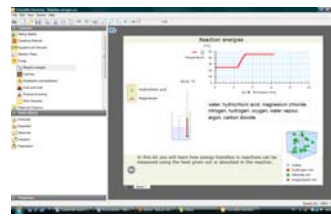


Figura 3: Crocodile Chemistry

El objetivo de esta comunicación es presentar el avance respecto de la evaluación de las aplicaciones específicas para la enseñanza de la Química en tanto que se delinean los indicadores a tener en cuenta. Para ello se han tomado los tres laboratorios que se mencionan.

1.1. Laboratorios Virtuales de Química (LVQs)

El uso del laboratorio en la enseñanza de la química hoy día resulta indispensable, aunque se reconoce esta necesidad también es preciso resaltar las dificultades que significa el uso del laboratorio especialmente en la enseñanza de nivel medio y universitario inicial (Cabero Almenara, 2007) debido a: a) La escasez de horas en los currículum académicos para asistir a clases de laboratorio, b) El número de estudiantes por cada grupo con clases numerosas y recursos edilicios y humanos insuficientes, c) Los riesgos potenciales en el trabajo con grupos numerosos, d) Los recursos económicos disponibles, debidos a la inversión inicial y al mantenimiento siempre son escasos para tener un laboratorio equipado correctamente, e) A esto se suman: la heterogeneidad de los estudiantes en cuanto a edades y habilidades motoras, la falta de experiencias de los estudiantes en manipulación de elementos de laboratorio y la contaminación ambiental que ocasionan los residuos.

Los “medios tecnológicos facilitan la tarea, convirtiendo al trabajo de laboratorio y sus precauciones por accidentes en una opción de aprendizaje donde el alumno puede equivocarse y repetirla con una inversión por demás baja, que no sería posible en un laboratorio real. La computadora por otra parte, permite cambiar la imagen negativa que el alumno tiene de la química, así la recibe de una manera más interesante buscando explorar el nuevo ambiente (Cataldi, Donnamaría y Lage, 2008).

Las dificultades encontradas no son razones para no implementar el uso de los laboratorios reales en la enseñanza de la química o para que sean remplazadas por los LVQs, pero es una realidad que, teniendo en cuenta las dificultades que ofrecen los

laboratorios reales, los LVQs son una alternativa complementaria válida que brindan ventajas tales como:

- La posibilidad de: a) trabajar en un ambiente de enseñanza e investigación protegido y seguro, b) realizar con los estudiantes un trabajo tanto individual como grupal y colaborativo, c) ofrecer a los estudiantes prácticas que por su costo no tendrían acceso en todos los colegios, d) poder reproducir los experimentos un número elevado de veces, e) extender el concepto de laboratorio al aula de clase a través del uso de una computadora en inclusive al domicilio de cada estudiante.
- Ofrece al estudiante una serie de elementos adicionales, como bloc de notas, calculadoras científicas y otros.
- Permite grabar los procesos seguidos durante la realización de la práctica por los estudiantes y obtener sus registros a fin de observarlos cuantas veces se requiera.
- Requiere de menos inversión de tiempo para la preparación de las experiencias y la recogida de los materiales (Cabero Almenara, 2007).

Además de estas ventajas, los LVQs también cuentan con dos enormes virtudes adicionales ya que permiten incrementar la motivación de los estudiantes debido a dos causas: a) las actitudes positivas que muestran hacia entornos tecnologizados y b) por la habilidad que inicialmente tienen en el manejo de simuladores e instrumentos informáticos, los estudiantes se encuentran totalmente capacitados para desenvolverse rápida y fácilmente en este tipo de entornos tecnológicos.

1.2. Constructivismo y evaluación de los procesos de enseñanza y aprendizajes mediados por TICs

Cuando se habla de procesos de enseñanza y aprendizaje mediados por TICs, y se busca entender la calidad de los mismos, es imposible no tomar una posición teórica sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje en general. La concepción

constructivista del aprendizaje⁴ es la elegida para hacer este abordaje de la evaluación de los LVQs. Esta visión se sitúa en la actividad mental constructiva de los estudiantes, por lo tanto en la actividad de construcción de los conocimientos, la clave del aprendizaje, pero entiende al mismo tiempo que esta dinámica interna se ve influenciada con, y es inseparable de, la actividad conjunta que desarrollan profesores y estudiantes en el contexto en que interactúan. En este sentido, se plantea la construcción de los conocimientos en situación de enseñanza y aprendizaje como un proceso complejo de relaciones entre tres elementos: el *estudiante*, quien aporta el acto de aprender mediante el cual se apropia de los saberes culturales y elabora una versión propia y personal de los mismos; el *contenido* que es objeto de enseñanza y aprendizaje; y el *profesor* que tiene la misión y responsabilidad de guiar y orientar la actividad mental del estudiante de manera que éste pueda desplegar una actividad constructiva y generadora de significado y sentido, y cuyo resultado sea acorde con la definición. Cada uno de estos elementos toma un rol en un *triángulo interactivo*, en un contexto virtual o real, que se forma y se concreta en las relaciones entre ellos entendidas como *interactividad*, articulación de las actuaciones de profesor y estudiante en torno a una tarea o contenido determinado (Coll, Mauri y Onrubia, 2008).

La consideración de interactividad como plataforma de análisis de los procesos de enseñanza y aprendizaje mediados por TICs y el estudio de esa interactividad en sus entornos, contextos y situaciones de enseñanza y aprendizaje, supone centrar la valoración de la calidad en dos aspectos: la *interactividad tecnológica* y la *interactividad pedagógica*. La primera hace referencia a la incidencia de las características de las herramientas tecnológicas en la actividad conjunta y en los mecanismos de influencia educativa que el profesor utiliza para guiar y orientar la construcción de conocimientos de los estudiantes. Mientras que la segunda se refiere a la incidencia del diseño instruccional que guía el proceso de enseñanza y aprendizaje en la actividad conjunta y, a través de ella, de los mecanismos de influencia educativa (Coll, Mauri y Onrubia, 2008).

En resumen, se plantea una dicotomía en la posible evaluación que se puede realizar de los LVQs. Como herramientas aportadas por las TICs para la enseñanza de la Química, los LVQs pueden ser analizados desde dos aspectos: la herramienta en sí misma, sus características y la capacidad que tiene

ésta para incidir en la interactividad del proceso de enseñanza y aprendizaje, y el cómo esta herramienta es usada y el papel que desempeña en el diseño instruccional del proceso.

2. LINEAS DE INVESTIGACION y DESARROLLO

Se pueden agrupar de acuerdo a los con los objetivos siguientes:

- Analizar las potencialidades cognitivas en el uso de Laboratorios Virtuales en química (LVQs) en el enseñanza.
- Estudiar el uso de modelos químicos y software para modelado de acceso libre.
- Evaluar los simuladores de procesos químicos y simuladores moleculares de acceso libre.
- Didáctica de la química con uso de TICs.

Analizar las estrategias didácticas docentes y la percepción en el uso de las TICs. La didáctica de la química es un campo de conocimiento relativamente nuevo que se nutre, para generar teoría y fortalecerse como disciplina científica, de investigaciones propias y de las investigaciones de la didáctica general. Se puede pensar en desarrollar esta epistemología de la práctica, buscando el tipo de saber, creencia, supuestos, intenciones y motivaciones en las acciones e intervenciones.

3. RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS

3.1. Dimensiones e indicadores para la evaluación de los LVQs.

Antes de darles uso, es necesario evaluar los medios tecnológicos de manera similar a como se establecen dimensiones cuando se evalúa a los estudiantes, también es preciso establecer dimensiones que permitan emitir un juicio de valor respecto de los recursos que se utilizan para sus aprendizajes.

Cabero Almenara (1999) propone una serie de dimensiones generales a contemplar en la evaluación de los medios de enseñanza que se puede adaptar a la evaluación de los LVQs desde varios aspectos: a) Contenidos, b) Aspectos técnicos-estéticos, c) Características y potencialidades tecnológicas, d) Aspectos físicos y ergonómicos del medio, f) Organización interna de la información, g) Receptores, h) Utilización por parte del estudiante: nivel de interactividad, i) Costo económico/distribución

A partir de la definición y delimitación correcta de estas dimensiones se pueden elaborar criterios de evaluación para cada una de ellas a fin de adaptar las estrategias para la toma de datos y la selección de los indicadores que permitan efectuar la evaluación. Para ello se tomarán algunas de las bases teóricas mencionadas y otras nuevas, tales como: aprender haciendo, la construcción del conocimiento, el

⁴ Se inspira en la visión del funcionamiento psicológico propuesta por el denominado "constructivismo de orientación socio-cultural", surgido del intento de articular los planteamientos socio-culturales y lingüísticos inspirados, entre otros, por la obra de Vigotzky y sus colaboradores y continuadores, con el constructivismo cognitivo, inspirado inicialmente en la obra de Piaget. (Coll, Mauri y Onrubia, 2008)

aprendizaje por descubrimiento, cambio conceptual, y aprendizaje para la comprensión que son los que favorecen un aprendizaje autónomo y duradero. Los indicadores intentarán rescatar los métodos y teorías propuestos en el encuadre teórico de los métodos de aprendizaje descriptos a la luz de las teorías mencionadas

Teniendo en cuenta las apreciaciones planteadas, se intenta sintetizar aquí una propuesta aproximada de dimensiones e indicadores para la evaluación de la calidad de los LVQs. La intención es aportar elementos teóricos para analizar, clasificar y valorar las cualidades de estos programas informáticos destinados a mejorar (o asistir) los procesos de enseñanza y aprendizaje de la Química. De acuerdo a lo dicho en el apartado anterior es posible hacer una evaluación que incluya dos aspectos de los LVQs: el *aspecto tecnológico*, como una herramienta en sí misma, sus características y la capacidad que tiene ésta para incidir en la interactividad del proceso de enseñanza y aprendizaje; y el *aspecto pedagógico*, qué características y potencialidades tiene esta herramienta desde el punto de vista de su uso pedagógico, la forma en la cual es usada y el papel

que desempeña en el diseño instruccional del proceso. De este modo se proponen a una serie de dimensiones para analizar en la evaluación de los LVQs.

– *Dimensiones tecnológicas y técnicas:* Características técnicas y estéticas Potencialidades tecnológicas

– *Dimensiones pedagógicas:* Objetivos y contenidos, Presentación, organización y secuenciación de contenidos, Tratamiento instruccional de los contenidos, Usos en procesos formativos.

– *Dimensiones de otro tipo:* Identificación, Costo, Comercialización

En esta clasificación de dimensiones de evaluación de los LVQs se añade otro tipo de dimensiones distintas de las pedagógicas y de las tecnológicas y técnicas, pero que son de relevancia, tales como la *identificación del material, su costo y comercialización*.

La Tabla 1 muestra una serie de indicadores que es posible considerar. Son clasificados por dimensiones, y de ellos se desprenden las preguntas a responder en los instrumentos de evaluación.

| Tipos de Dimensiones | | Dimensiones | Indicadores |
|------------------------|--------------------------------------|--|---|
| | | Identificación y características generales | <ul style="list-style-type: none"> - Denominación - Autoría - Fecha de edición y versiones - Destinatarios - Temática, objetivos y contenidos - Apoyo docente y tecnológico - Recomendaciones sobre su uso |
| | | | |
| Tecnológica y técnicas | Potencialidades tecnológicas | | <ul style="list-style-type: none"> - Acceso - Calidad en el acceso en la modalidad Internet / Soporte físico (CD o DVD) - Equipamiento necesario para el acceso |
| | Características técnicas y estéticas | | <ul style="list-style-type: none"> - Sistema de navegación interna - Calidad de imágenes, grafismos y sonidos - Calidad de articulación entre imágenes y sonidos - Diferentes lenguajes utilizados - Elementos multimedia utilizados |
| Pedagógicas | Objetivos y contenidos | | <ul style="list-style-type: none"> - Objetivos formativos - Tipos de contenidos abordados - Correspondencia objetivos/contenidos - Complejidad de los contenidos - Densidad de los contenidos |

| | | |
|-----------|--|---|
| | Presentación, organización y secuenciación de contenidos | <ul style="list-style-type: none"> - Visión de conjunto de los contenidos - Organización y secuencia de los contenidos - Ritmo de presentación de los contenidos |
| | Tratamiento instruccional de los contenidos | <ul style="list-style-type: none"> - Elementos instruccionales presentes - Instrucciones a los aprendices |
| | Usos en procesos formativos | <ul style="list-style-type: none"> - Adecuación del material - Calidad del material |
| Económica | Costo | <ul style="list-style-type: none"> - Costo - Promociones por grupos de licencias - Diferenciación docente/estudiantes/instituciones |
| | Comercialización | <ul style="list-style-type: none"> - Formas de adquisición - Formas de pago |

Tabla 1. Indicadores para evaluación

3.2. Estrategias e instrumentos de evaluación de los LVQs.

Si las dimensiones y los indicadores en una evaluación responden al *qué evaluar*, sin duda las estrategias y los instrumentos son los aspectos de la evaluación que responden al *cómo evaluar* y, en este sentido, es de gran importancia definir una estrategia que permita satisfacer la mayor parte de los deseos

del evaluador. Según Cabero Almenara (1994) existen, tres tipos de estrategias de evaluación de materiales de enseñanza, que pueden ser aplicados también a aquellos materiales aportados por las TICs. Estos son: *autoevaluación por los productores*, *consulta a expertos* y *evaluación "por" y "desde" los usuarios*. Marqués (1995) diferencia a las estrategias de evaluación de software informático en *internas*, las que realizan los equipos de

producción y desarrollo del material, y las *externas*, relacionadas a la evaluación que realizan profesionales o usuarios del software.

El diseño de evaluación de LVQs que se propone, si bien cuenta con una amplitud suficiente como para ser aplicado en cualquier tipo de estrategia buscando las adaptaciones pertinentes, está pensado para ser utilizada con las estrategias de tipo *externo*, es decir con una mirada de usuario o analista del material informático y no tanto con un ánimo de productor o desarrollador del mismo.

La estrategia de evaluación de los LVQs cuenta con dos enfoques de análisis:

a) *Evaluación heurística*: Se emplea en un primer momento y se busca analizar el material fuera de su contexto de aplicación, sin tener en cuenta la interactividad del material, y su contenido, con los profesores, los estudiantes y las tareas del proceso de enseñanza y aprendizaje. La idea es realizar una mirada del software como tal y como herramienta de enseñanza, pero desprovista de las dimensiones e indicadores propios de su uso en procesos formativos e instruccionales.

b) *Test de usuarios*: luego se plantea una estrategia de aplicación de un LVQ con estudiantes y profesores, en el dictado de cátedras de Química de los primeros años de carreras universitarias y terciarias, se realizará una mirada en el contexto de aplicación y se relevarán datos mediante instrumentos adecuados de evaluación. En la confección de estos instrumentos se tendrán las dimensiones e indicadores que hacen referencia a la influencia del material en el proceso de enseñanza y aprendizaje a partir de la interactividad.

Para realizar un *test de usuarios* es preciso diseñar primero la aplicación del material. El objetivo es obtener información del uso del LVQ en un contexto de aplicación lo más real posible, es decir en el dictado de una cátedra de Química de tipo presencial, semipresencial o de educación a distancia, donde el LVQ haga su aporte en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

4. FORMACION DE RECURSOS HUMANOS

La producción del grupo de investigación se plasma a través de comunicaciones a eventos y artículos Cataldi *et al.* (2008a,b,c; 2009a,b,c,d y dos tesis de grado en desarrollo en: *Diseño y Evaluación de Laboratorios Virtuales* de Diego Chiarenza (UTN-FRBA) y *Determinación de calidad de productos a través descenso crioscópico* de Esther Voiro (UTN-FRH). Se incorporaron al proyecto durante 2009 un maestrando, un doctorando en el área de TICs en la enseñanza y una tecnóloga a fin de formarse en el área de TICs en educación.

5. REFERENCIAS

- Barberà, E., Mauri, T. y Onrubia, J. (coords.) (2008): *Cómo valorar la calidad de la enseñanza basada en las TIC*, Editorial Grao, Barcelona
- Bunge, Mario (2006): *A la caza de la realidad. La controversia sobre el realismo*. Editorial Gedisa, Barcelona
- Cabero Almenara, J. (1994): "Evaluar para mejorar: medios y materiales de enseñanza" en Sancho, J. M.: *Para una tecnología educativa*, Editorial Horsori, Barcelona
- Cabero Almenara, J. (1999): *Tecnología Educativa*, Editorial Síntesis, Madrid
- Cabero Almenara, J. (2007), *Las TICs en la enseñanza de la química: aportaciones desde la Tecnología Educativa* en Bodalo, A. y otros (editores) (2007): *Química: vida y progreso*, Asociación de químicos de Murcia, Murcia.
- Cataldi, Z., Dominighini, C.; Gottardo, M. y Donnamaría, D. (2008a) *La investigación educativa en didáctica de la química y la formación docente*. Congreso Nacional de Formación Docente. UNNE. 30 y 31 de octubre.
- Cataldi, Z., Dominighini, C.; Gottardo, M. y Lage, F. (2008b). *La enseñanza de la ingeniería: reflexiones sobre la investigación en estrategias de enseñanza*. Congreso Nacional de Formación Docente. Universidad Nacional del Nordeste. 30 y 31 de octubre.
- Cataldi, Z.; Donnamaría, C. y Lage, F. (2008c). *Simuladores y laboratorios químicos virtuales: Educación para la acción en ambientes protegidos*. Quaderns Digitals Número 55, diciembre. Páginas 1-10.
- Cataldi, Z. y Lage, F. (2009a). *Las TICs en la enseñanza de la química: experimentando y descubriendo en los laboratorios virtuales, con modelos y simulaciones*. ICECE 2009. Buenos Aires. ITBA 8-11 de marzo.
- Cataldi Z., Donnamaría M. C. y Lage, F. J. (2009b). *Línea de investigación: Las TICs y la didáctica en la enseñanza de la química en cursos universitarios iniciales* WICC 2009. Facultad de Ciencias Exactas UN San Juan, 7 y 8 de mayo.
- Cataldi, Z., Donnamaría M.C., Lage, F. (2009c) *Didáctica de la química y TICs: Laboratorios virtuales, modelos y simulaciones como agentes de motivación y de cambio conceptual*. TEyET 2009. 2 y 3 de julio. Facultad de informática UNLP.
- Cataldi, Z., Donnamaría M.C., Lage, F. (2009d) *TICs en la enseñanza de la química: Laboratorios virtuales, modelos y simulaciones en cursos universitarios*. Edutec 2009. 15, 16 y 17 de setiembre. Manaos.
- Coll, C., Mauri, T. y Onrubia, J. (2008): El análisis de los procesos de enseñanza y aprendizaje mediados por las TIC: una perspectiva constructivista en Barberà, E., Mauri, T. y Onrubia, J. (coords.): *Cómo valorar la calidad de la enseñanza basada en las TIC*, Editorial Grao, Barcelona
- Marqués, P. (1995): *Software educativo. Guía de uso y metodología de diseño*, Editorial Estel. Barcelona.